



Hochschule Reutlingen
Reutlingen University



Uwe Kloos, Natividad Martínez, Gabriela Tullius (Hrsg.)

Informatics Inside **Digital Future**

Informatik-Konferenz an der Hochschule Reutlingen
10. Mai 2017

ISBN 978-3-00-056455-0



Impressum

Anschrift:

Hochschule Reutlingen / Reutlingen University
Fakultät Informatik
Human-Centered Computing
Alteburgstraße 150
D-72762 Reutlingen

Telefon: +49 7121 / 271-4002

Telefax: +49 7121 / 271-4042

E-Mail: infoinside@reutlingen-university.de

Internet: <http://www.infoinside.reutlingen-university.de>

Organisationskomitee:

Prof. Dr. Gabriela Tullius, Hochschule Reutlingen

Prof. Dr. Natividad Martínez, Hochschule Reutlingen

Prof. Dr. Uwe Kloos, Hochschule Reutlingen

Lukas Brand

Heiko Brumme

Tobias Fleischer

Gamze Gök

Isabel Hagen

Denise Junger

Mücahit Karabulut

Dina Kurbanismailova

Arjana Mehmeti

Armin Müller

Iana Preuß

Marc Roswag

Anastasia Schmieder

David Schneider

Oliver Streicher

Benjamin Weinert



Hochschule Reutlingen
Reutlingen University

Copyright: © Hochschule Reutlingen, Reutlingen 2017

Herstellung und Verlag: Hochschule Reutlingen

ISBN 978-3-00-056455-0

Inhaltsverzeichnis

Longpaper

Vanessa Zurawka

Analyse von 3D-Controllern zur Steuerung der Echtzeit-MRT 07

Denise Junger

*Analyse von Reifegradmodellen zur Unterstützung der Digitalisierung
von Krankenhäusern* 17

Anastasia Schmieder

Wearable für Pferde – Standortbestimmung und Konzeption einer Umfrage 27

Tobias Fleischer

Evaluierung von Open Source Frameworks zur Detektion von Facial Feature Points..... 37

Iana Preuß

IT – Sicherheit beim Autonomen Fahren 47

Tobias Fluck

Kann Perception Neuron Bewegungen in Hochgeschwindigkeit erfassen? 56

Gamze Gök

Inwiefern werden IT-Risiken durch ein Risikomanagement reduziert? 66

David Schneider

Zukunft des neuen elektronischen Personalausweises..... 76

Marc Roswag

Sicherheitsinfrastruktur in einem VANET – Architektur und Schwachstellen 86

Mücahit Karabulut

IT-Sicherheit in der Industrie 4.0..... 96

Oliver Streicher

Sicherheitsbetrachtung des Internet of Things am Beispiel Smart Home..... 106

Analyse von 3D-Controllern zur Steuerung der Echtzeit-MRT

Vanessa Zurawka

Reutlingen University

Vanessa.Zurawka@Student.Reutlingen-University.DE

Abstract

Die Arbeit stellt die Möglichkeiten von 3D-Controllern für den Einsatz in der interventionellen Radiologie und insbesondere für die Steuerung der Echtzeit-Magnetresonanztomographie (MRT) dar. Dies ist interessant in Bezug auf die kontrollierte Navigation in ein Zielgewebe. Dabei kann der Interventionalist durch Echtzeit-Bildgebung den Verlauf des Eingriffs verfolgen, allerdings kann er bisher das MRT während der Durchführung des Eingriffs nicht selbst steuern, da dies durch den Assistenten im Nebenraum erfolgt. Die Kommunikation ist bei dem hohen Geräuschpegel aber sehr schwer. Diese Arbeit setzt an dieser Stelle an und analysiert 3D-Controller auf die Eignung für die Echtzeit-Steuerung eines MRTs. Dabei wurden trackingbasierte und trackinglose Geräte betrachtet. Als Ergebnis ließ sich festhalten, dass trackingbasierte Verfahren weniger geeignet sind, aufgrund der nicht ausreichenden Interpretation der Eingaben. Die trackinglosen Geräte hingegen sind aufgrund der korrekten Interpretation aller Eingaben und der intuitiven Bedienung geeignet.

Betreuer Hochschule: Prof. Dr. Oliver Burgert
Hochschule Reutlingen
Oliver.Burgert@Reutlingen-University.de

Informatics Inside 2017
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
10. Mai 2017, Hochschule Reutlingen
Copyright 2017 Vanessa Zurawka

Schlüsselwörter

Intervention, MRT, Echtzeit, 3D-Controller

CR-Kategorien

I.3 Computer Graphics, I.3.6 Methodology and Techniques: Interaction techniques

1 Einleitung

In der interventionellen Radiologie werden Instrumente in das Zielgewebe eines Patienten eingeführt und mit intraoperativer Bildgebung kann sich der Chirurg im Körper orientieren. [1, S.467] Somit kann der Eingriff konstant überwacht und entsprechend unmittelbar korrigiert werden, [2, S.872] MRT-Systeme sind besonders interessant aufgrund des hohen Weichteilkontrasts, der Multiplanarität und der nicht vorhandenen Strahlung. [3, S.14] Des Weiteren haben viele Hersteller bereits Interfaces für Interventionen, welche multiplanare Bildebenen darstellen können. Bisher werden zwar die Bilder auf Monitoren im MR-Raum für den Chirurgen dargestellt, aber die Steuerung des MRTs erfolgt im Nebenraum durch die Assistenten. Insbesondere beim Echtzeit-MRT wird die Kommunikation durch die zusätzlichen lauten Geräusche stark erschwert. [4] Aufgrund dessen wäre es sinnvoll, wenn der Chirurg während des Eingriffs die MRT-Geräteparameter selbst einstellen könnte, zum einen um die Kommunikation zum Nebenraum zu ersetzen und zum anderen um Zeit zu gewinnen. In dieser Arbeit werden deshalb 3D-Controller analysiert und verglichen, um die Eignung für diesen Anwendungsfall zu prüfen.

2 Interventionelle Radiologie

In diesem Bereich der Radiologie werden therapeutische Leistungen für den Patienten angeboten. Unter Bildgebung werden Son- den für die Biopsie oder Thermo-therapie auf dem günstigsten Weg ins Zielgewebe einge- führt. Des Weiteren gehören Tumorbehand- lungen mit Röntgen- oder Ionenstrahlen in diesen Bereich. [1, S.467]

Allgemein gehören zu den bildgebenden Systemen die Röntgentechnik, die Compu- tertomographie, die Magnetresonanztomo- graphie (MRT) und der Ultraschall. Diese Arbeit fokussiert sich allerdings auf die Unterstützung von MRT-basierten Eingrif- fen, sodass die MRT im Folgenden näher beschrieben wird.

2.1 MRT

Die Magnetresonanztomographie (engl.: magnetic resonance imaging, Abk.: MRT, MRI), die auch Kernspintomographie ge- nannt wird, erzeugt überlagerungsfreie Schichtbilder unterschiedlicher Körper- schichten, die einen hohen Weichteilkon- trast aufweisen. [3, S.14] Im menschlichen Körper kommen Atomkerne vor, was die Magnetresonanztomographie zur Bildge- bung nutzt. In den meisten Fällen werden Wasserstoffkerne, also einfache Protonen, verwendet. Die Protonen haben einen Spin und bewegen sich wie magnetische Kreisel, die in einem stärkeren äußeren Magnetfeld eine Präzessionsbewegung ausführen. Die Kerne selbst werden kurzzeitig zum Sender, indem kurze Impulse von elektromagneti- schen Wellen im Frequenzbereich der Ra- diowellen eingestrahlt werden. [5, S.185] Die Intensität der Signale hängt dabei von vielen messtechnischen und gewebespezifi- schen Einflüssen ab. Die hohe Bandbreite an Darstellungsmöglichkeiten von Gewebe- strukturen ist durch die Beeinflussung der gemessenen Bildsignale im Gewebe durch mehrere sich überlagernde Relaxationspro- zesse zu begründen. Zusammenfassend stellen die generierten Bilder „[...] die Verteilung der zum Messzeitpunkt in jedem Volumenelement einer Körperschicht vor-

liegenden Magnetisierung durch Verwen- dung von Grauwertskalen [...]“ dar. [3, S.14] Der Aufbau eines MRTs ist in Abbil- dung 1 dargestellt.

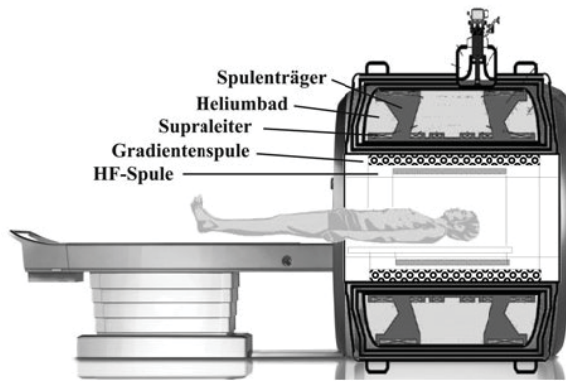


Abbildung 1: Prinzipaufbau eines MRT [6, S.342]

2.2 Minimalinvasive Tu- morthherapie

Das Interesse an der Entwicklung von mi- nimalinvasiven Therapieverfahren in der Medizin hat stark zugenommen. Dabei ist bei der lokalen Zerstörung von Tumoren das Applizieren von thermischer Energie eine viel versprechende Möglichkeit. Zu den thermoablativen Verfahren gehören die Elektroporation, Laser-, Mikrowellen-, Kryo-, und Radiofrequenzablation (RFA). [7, S.1] Dabei kommt die RFA am häufigs- ten zum Einsatz, da diese eine relativ einfa- che Anwendung mit guten Ergebnissen bei der Tumorzerstörung und zudem niedrige Komplikationsraten aufweist. Bei der RFA wird unter Bildgebung eine Nadelelektrode im Tumorgewebe positioniert. Um die Nadel möglichst genau und sicher zu posi- tionieren, muss eine konstante Bildkontrolle erfolgen. Dies ist mit Ultraschall, Computertomographie oder MRT möglich. Dabei hat die MRT einige Vorteile gegenüber den anderen Bildgebungen: die multiplanare Schichtführung, einen besseren Weichteil- kontrast, die Abgrenzung von Gefäßen ohne Kontrastmittel und die Temperaturdarstel- lung des Gewebes. Die größten Nachteile bisher sind allerdings der hohe Zeitaufwand und dadurch auch die hohen Kosten. [8]

3 State-of-the-Art

Ein Großteil der Hersteller von MRT-Systemen bietet integrierte Benutzeroberflächen für Interventionen an. Diese haben die Möglichkeit multiplanare Bildebenen zur interaktiven Lokalisierung, Planung und Überwachung des Eingriffs darzustellen. [9, 10] Des Weiteren können sie auf Bildschirmen innerhalb des MR-Raumes dargestellt werden, wobei die Bedienung über die MR-Konsole im Vorraum durch den Assistenten erfolgt. Um allerdings einen unmittelbaren Nutzen aus der Multiplanarität zu gewinnen, wäre die selbständige Einstellung der Ebenen und Bildparameter vom Interventionalist selbst sinnvoll. Hinzu kommt die schwierige Kommunikation zwischen Interventionalist und Assistenten bei Eingriffen mit Echtzeit-MRT, da hier die lauten Gradientengeräusche hinzukommen und die Kommunikation zusätzlich erschweren. [4] In diesem Zusammenhang wurde in [11] eine MR-taugliche PC-Maus in das MRT-System integriert. In dieser Studie waren die Ziele die Steuerung der Bildauswahl, sowie weitere Einstellungen, wie die Fensterung, der Sequenzstart und -wechsel. Damit konnte der Interventionalist komfortabel, sicher und unabhängig von der technischen Assistenz arbeiten. Allerdings wurde die PC-Maus nur zur Steuerung der Benutzeroberfläche der Software verwendet. Des Weiteren wäre diese nicht zur Steuerung im 3D-Raum geeignet, da nicht genügend Schaltflächen bereitstehen. Diese Arbeit setzt bei der Steuerung des MRTs in Echtzeit an. Da hier bei Sichtverlust der Instrumentenspitze der Vorteil wäre, sofort reagieren zu können und nicht die Echtzeit-Bildgebung unterbrechen zu müssen.

4 3D-Controller

In diesem Kapitel werden verschiedene 3D-Controller beschrieben. Hierfür wurde eine Vorauswahl getroffen, bei der folgendes Kriterium ausschlaggebend war: Die einhändige Benutzung, da der Interventionalist in der anderen Hand sein Instrument hält.

4.1 Trackingbasiert

Bei trackingbasierten Verfahren werden entweder Bewegungen des Menschen oder eines Eingabegerätes mit Hilfe von Methoden der Bildrekonstruktion verfolgt und anschließend die Position und Orientierung im Raum rekonstruiert. Die Geräte werden frei bewegt. [12, S.293]

4.1.1 Microsoft Kinect

Bei diesem Verfahren benötigt der Benutzer kein weiteres Eingabegerät, da die Kopf-, Hand- und Fingerbewegungen erfasst werden. Der größte Nachteil dabei ist allerdings die Genauigkeit und Robustheit der Eingabe. Tiefenkameras können nicht nur Bilder aufnehmen, sondern auch den Abstand vom Objekt zur Kamera erfassen. Meist wird Infrarotlicht eingesetzt und mit Tiefensensoren gemessen, wie lange der Lichtstrahl bis zu einer Oberfläche benötigt. Die verschiedenen Längen des Lichtstrahls werden zu einer Tiefenkarte zusammengefasst. Diese Art an Kameras war lange Zeit sehr teuer, bis zur Markteinführung der Microsoft Kinect. Diese erzeugen ein Signal, das allerdings in der Auflösung und Qualität begrenzt ist. In vielen Fällen wird das Signal deshalb mit Filtermethoden und Bildrekonstruktion verbessert. Der Anwender muss sich immer innerhalb eines definierten Bereichs befinden und die Position und Orientierung wird dann mit Hilfe eines Skeletts dargestellt. Aufgrund der vorhandenen Software Development Kits kann ein breiter Einsatz erfolgen. Die Tiefenkamera hat eine Auflösung von 640 x 480 Pixeln und ermöglicht eine Bildrate von 30 Hz, was allerdings bedeutet, dass sehr schnelle Bewegungen meist nicht erfolgreich erfasst werden und kleine Details im Bild verloren gehen. Die Tiefenauflösung liegt bei 11 Bit und demnach können 2048 Tiefenwerte erfasst werden. [12, S.302f]

4.1.2 Leap Motion

Der Leap Motion 3D-Controller basiert auf zwei Kameras und Infrarot-Bildgebung zur Detektion von Händen. Der Controller befindet sich für gewöhnlich zwischen den

Händen und dem Bildschirm und kann einen Bereich von 60 Zentimetern in alle Raumrichtungen detektieren. Dabei können fünf Bilder pro Sekunde analysiert werden und entsprechend gering fällt die Latenz aus. Aufgrund der Interpretierung der Fingerbewegungen als Gesten kann Zoomen, Pannen und Scrollen als natürliche Bewegung realisiert werden. [12, S.299]

4.1.3 Wiimote

Die Wii Remote (Abk.: WIIMOTE) wurde ursprünglich als Eingabegerät für Computerspiele entwickelt, aber wird inzwischen auch darüber hinaus eingesetzt. Durch einen Beschleunigungssensor ist die Steuerung mit Armbewegungen im Raum möglich. Des Weiteren können mit den Bedienelementen Modi und Kommandos ausgeführt werden. Dafür gibt es ein Digitalsteuerkreuz und zudem sieben weitere Tasten. Das Gerät basiert auf Bluetooth mit dem kabellos bis zu vier Infrarot-Hotspots getrackt werden können. Bereits 2009 wurde die Wii Motion Plus eingeführt, die eine genauere Positionsbestimmung und Bewegungserfassung bietet. Die Anwendung ist insbesondere für die Interaktion mit 3D-Darstellungen auf großen Bildschirmen geeignet. Das Gerät wird wie ein Laserpointer zur Auswahl von Objekten verwendet. [12, S.301f]

4.1.4 Datenhandschuh

Die Beweglichkeit einer menschlichen Hand kann durch die Menge an möglichen Handlungen für die 3D-Interaktion genutzt werden. Dafür müssen Finger, Daumen und Handgelenk erfasst werden, was mit Hilfe mehrerer Kameras und der daraus resultierenden 3D-Rekonstruktion passieren kann. Eine andere Möglichkeit wäre die Übermittlung von Daten über Sensoren am Benutzer, was die Hand zuverlässiger und genauer erfasst. Die ursprüngliche Idee des Einwebens von Sensoren in einen Handschuh ist relativ alt (erster Prototyp 1970). Dabei wurden Dehnmessstreifen zur Krümmungsmessung einzelner Finger verwendet und zudem ein Tracking der Handposition und -orientierung mit beispielsweise reflek-

tierenden Markern am Datenhandschuh, um die Hand im Ganzen zu erfassen. Seither wurden einige Datenhandschuhe entwickelt, unter anderem der Power Glove, der für Nintendo-Spiele vermarktet wurde. Die Meisten sind heutzutage zudem drahtlos, was zu einer starken Verbesserung der Ergonomie führt. Der große Nachteil an solchen Geräten ist die große Variation der Hände von Mensch zu Mensch, wodurch eine Kalibrierung nötig ist bei der der Benutzer verschiedene Gesten ausführen muss. Systeme die darauf verzichten sind demnach weniger genau. Der Datenhandschuh erfasst zwar alle Freiheitsgrade der Hand, ist allerdings dabei unbequem, bewegungseingeschränkt und kann nicht schnell beiseitegelegt werden. [12, S.297]

4.2 Trackinglos

Im Folgenden werden trackinglose Eingabegeräte vorgestellt. Diese basieren auf der mechanischen Eingabe des Benutzers.

4.2.1 Haptische Ein-/Ausgabegeräte

Für haptische Interaktionen in virtuellen Simulationsumgebungen gibt es spezielle Hard- und Softwarelösungen. Diese Geräte haben einen 3D-Arbeitsraum, sodass die Bewegungen direkt auf die virtuelle Szene übertragen werden können. Somit wird eine intuitive Interaktion und Manipulation von Objekten im 3D-Raum möglich. Die wichtigsten Merkmale sind die Anzahl der Freiheitsgrade, die Größe des Arbeitsbereichs, die räumliche Auflösung und die maximale Krafterückgabe. Die Geräte können auch werkzeuggesteuert sein, sodass der Benutzer einen Stift in der Hand hält. Diese sind besonders für den medizinischen Bereich geeignet, um beispielsweise Skalpelle, Punktionsnadeln und endoskopische Instrumente zu simulieren und mit diesen im virtuellen Raum zu interagieren. [3, S.338] Mechanische Eingabegeräte können die Bewegungen eines Anwenders über eine Mechanik aufnehmen, wie beispielsweise über ein Gestänge oder einen Seilzug. Die Vorteile sind die hohe Genauigkeit und die

gute Eignung für haptisches Feedback. Die Nachteile sind die Gebundenheit an das Gerät und die teilweise störende Mechanik. Bei einem Stift ist der Anwender bereits daran gewöhnt und insofern kann die Anwendung intuitiv gesteuert werden. Die Messung erfolgt mit Winkelmessungen an den Gelenken oder Rollen und Abstandsmessungen zwischen den Gelenken. Eine hohe Messgenauigkeit wird dabei durch Zahnräder, Potentiometer oder Dehnmessstreifen erreicht. Aufgrund der direkten Messung ist die Latenz sehr gering. Die Leichtgängigkeit ist bei solchen Geräten sehr wichtig, da der Benutzer so nicht eingeschränkt wird und das Gerät nicht als störend erachtet. Als zusätzliche Komponente kann dem mechanischen Eingabegerät ein haptisches Feedback hinzugefügt werden, sodass es gleichzeitig zum Ausgabegerät wird. [13, S.110f] Die Abbildung 3 stellt das haptische Gerät Phantom Omni dar.

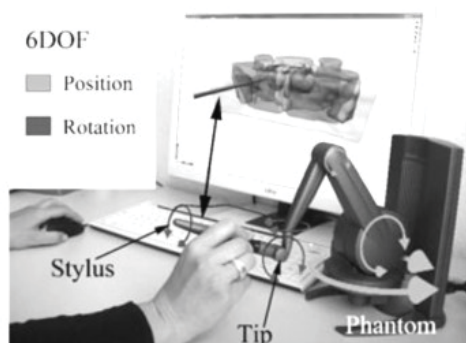


Abbildung 2: Haptisches Gerät Phantom Omni [12, S.320]

4.2.2 3D-Mäuse

3D-Mäuse wurden zur Steuerung von 3D-Positionen und Orientierungen entwickelt. [12, S.289] Sie sind eine der einfachsten Eingabegeräte und verfügen meist zusätzlich über frei belegbare Buttons. [13, S.110] Von der 2D-Maus können wichtige Merkmale übernommen werden, wie das Aufsetzen auf eine Unterlage, das Greifen und Loslassen, das keine Aufmerksamkeit erfordert und das kontrollierte Bewegen des Cursors. Diese Vorteile wurden versucht auf die entwickelten 3D-Mäuse zu übertragen. [12, S.289] Ein Nachteil ist aber die Gebundenheit an den Desktop, allerdings werden viele VR-

Anwendungen im Raum ausgeführt, sodass oft die Verwendung von Zeigegeräten erfolgt, die in der Hand gehalten und frei im Raum bewegt werden können. [14, S.33f] Der Vorteil wiederum ist die sehr hohe Genauigkeit. [13, S.110] Die SpaceMouse und der SpaceNavigator wurden von dem Hersteller 3DConnexion entwickelt und bieten eine freie 3D-Eingabe. Rotationen, Translationen und Zoomen werden durch Drücken, Drehen, Kippen und Ziehen der Kappe ermöglicht. Der SpaceNavigator ist auf diese Funktionalität beschränkt, sodass eine Taste das 3D-Modell in der Mitte des Bildschirms ausrichtet und die andere Taste Navigationseinstellungen zugänglich macht. Die SpaceMouse hingegen bietet mit vier Funktionstasten, sowie Tasten für Control, Shift, Alt und Escape weitere Möglichkeiten. [12, S.290f]

4.2.3 Fußschalter

Steute Meditec entwickelt Hand- und Fußschalter für den medizinischen Bereich und insbesondere für die Bildgebung. Dabei kann zwischen den Produktlinien „Classic“ und „Custom“ gewählt werden. Ersteres bietet Standardkomponenten, die mit Gehäuse, Aktoren und Schalteinsätzen konfiguriert werden können. Das „Custom“-Programm liefert User Interfaces, die individuell für den Anwender entwickelt werden. Des Weiteren lassen sich die Geräte einfach reinigen und die Kommunikation erfolgt über Funk, durch einen selbst entwickelten Funkstandard, der den Anforderungen der Medizintechnik entsprechen soll. [15] In Abbildung 4 ist eine Möglichkeit eines Fußschalters dargestellt.



Abbildung 3: Beispiel eines Fußschalters von steute [18]

5 Bewertung der Eingabegeräte

Im Nachfolgenden werden Anforderungen an die vorgestellten 3D-Controller definiert. Anschließend werden diese mit den Geräten verglichen und ausgewertet.

5.1 Anforderungen

Bei der interventionellen Radiologie mit Echtzeit-Bildgebung gibt es Anwendungsszenarien, die in Kapitel 3 und 4 beschrieben werden, aus welchen sich bestimmte Anforderungen ableiten lassen, die nachfolgend aufgelistet sind:

- Intuitive Bedienung
- Korrekte Interpretation aller Eingaben
- schnelle Integration und Entfernung
- Sterilität
- MR-Kompatibilität
- Einhändige Bedienung

Die *intuitive Bedienung* ergibt sich daraus, dass meist verschiedene Ärzte den gleichen Eingriff praktizieren und entsprechend meist keine Zeit bleibt neue Interaktionsformen zu erlernen, insbesondere da der Arzt sich während des Eingriffs auf das Vorschieben des Instruments konzentriert und von dem Steuergerät nicht abgelenkt werden darf. Dies wird in dieser Arbeit durch eigene Erfahrungen und Studien aus der Literatur bewertet.

Die *korrekte Interpretation aller Eingaben* muss gegeben sein, da der Arzt sonst vom Eingriff abgelenkt werden könnte oder im schlimmsten Fall das Instrument falsch führt, wenn sich die Bildebene spontan anders verändert als zu erwarten war. Die Bewegungen des Anwenders müssen also immer exakt und konstant korrekt übertragen und interpretiert werden. Diese Anforderung wird mit einem Testaufbau bewertet.

Die *schnelle Integration und Entfernung* muss möglich sein, da gegebenenfalls das 3D-Steuergerät für andere Eingriffe vom MRT entfernt werden muss. Des Weiteren

darf keine zusätzliche Zeit für das Einrichten des Geräts notwendig sein, da das Ziel eine Zeiteinsparung beim Eingriff sein soll. Das Gerät sollte entsprechend nur an den richtigen Platz gestellt und an das System angeschlossen werden und gleich funktionieren. Dies wird mit einem Testaufbau bewertet.

Die *Sterilität* ergibt sich aus den Bedingungen bei Interventionen. Dabei ist der Interventionalist steril und die zu behandelnde Körperstelle des Patienten. Das heißt für die 3D-Controller, dass sie entweder nicht berührt werden, oder steril abgedeckt oder eingepackt werden müssen.

Die *MR-Kompatibilität* ergibt sich aus den Gegebenheiten des MRTs. Aufgrund des Magnetfeldes dürfen die Geräte keine magnetischen Teile enthalten, da es sonst zu starken Bildbeeinträchtigungen kommen kann. Diese Anforderung kann allerdings im Rahmen dieser Arbeit nicht getestet werden, da kein MRT-Gerät zur Evaluation zur Verfügung steht.

Die *einhändige Bedienung* muss möglich sein, da der Interventionalist in einer Hand die Nadel in den Körper führt. Entsprechend hat er zeitgleich nur eine Hand frei für die Steuerung der Bildgebung. Da diese Anforderung zwingend erforderlich ist, wird diese zur Vorauswahl der 3D-Controller verwendet. Entsprechend sind alle Controller, die im Nachfolgenden beschrieben werden, einhändig bedienbar.

5.2 Vergleich 3D-Controller

Im Nachfolgenden wird nun diskutiert, ob die vorgestellten 3D-Controller die zuvor angeführten Anforderungen erfüllen können.

5.2.1 Microsoft Kinect

Die *intuitive Bedienung* ist hier stark abhängig von der Implementation der Gestenerkennung. Für den Anwendungsfall kommen entweder Hand- oder Fingerbewegungen in Frage, da Kopfbewegungen für 3D-Eingaben sehr ungünstig sind. Allerdings ist bei Gestenerkennungen generell die Robustheit die größte Schwierigkeit. Des Weiteren

müssten Gesten zum Starten und Beenden der Verschiebung der Ebene erlernt werden, da sonst nicht klar differenziert werden kann. Ohne diese Gesten müsste die Hand immer in der gleichen Position gehalten werden, was aber nicht möglich wäre bei gleichzeitiger Führung eines Instruments.

Eine *korrekte Interpretation aller Eingaben* kann eine kamerabasierte Lösung meist nicht bieten, da die Erkennung nicht immer eine korrekte Interpretation der Gesten gewährleisten kann. Zwar können Gesten bei einer nicht eindeutigen Identifikation ignoriert werden, was im Anwendungsfall für den Arzt aber sehr störend sein kann.

Die *schnelle Integration und Entfernung* wäre größtenteils erfüllt, da die Kamera auf einen günstigen Platz gestellt und schnell angeschlossen werden kann. Allerdings muss das Sichtfeld der Kamera entsprechend gut ausgerichtet sein, sodass der Arzt die Gesten immer im Sichtfeld ausführt.

Die *Sterilität* ist sehr einfach möglich, da der Arzt hier im Raum agiert und das Gerät nicht anfassen muss, um es zu bedienen. Somit ist die Sterilität vollkommen gewährleistet.

5.2.2 Leap Motion

Bei diesem 3D-Controller sind die gleichen Vorteile, als auch Nachteile wie bei der Kinect zu nennen. Der einzige Unterschied ist, dass die Leap Motion ausschließlich für die Detektion der Hand entwickelt wurde. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Erkennung von Gesten eine etwas höhere Detektionsrate aufweist.

5.2.3 Wiimote

Die *intuitive Bedienung* ist bei der Wiimote deutlich besser, als bei der Microsoft Kinect und dem Leap Motion Controller. Das liegt insbesondere an dem zusätzlichen Eingabegerät, das wie ein Laserpointer funktioniert. Entsprechend müssen keine Gesten erlernt werden, sondern das Gerät kann intuitiv im Raum bewegt werden und die Buttons am Gerät können als Start- oder Endsignal für die Veränderung der Ebene genutzt werden.

Dies ist ein deutlicher Vorteil gegenüber den anderen beiden kamerabasierten Geräten.

Eine *korrekte Interpretation aller Eingaben* ist wahrscheinlich in den meisten Fällen möglich, aber aufgrund der Kamera nicht immer gewährleistet. Im Gegensatz zu den anderen kamerabasierten Systemen aber deutlich besser.

Eine *schnelle Integration und Entfernung* wäre wie auch bei der Kinect und dem Leap Motion Controller gegeben. Ein Nachteil ist aber die Notwendigkeit von Batterien, sodass entweder für jeden Eingriff aus Sicherheitsgründen neue Batterien verwendet werden, oder diese gegebenenfalls während dem Eingriff ausgetauscht werden müssen, was allerdings zusätzliche Zeit beansprucht.

Die *Sterilität* ist bei der Wiimote schwieriger zu gewährleisten, da das Eingabegerät vom Anwender in der Hand gehalten werden muss und dieses nicht steril ist. Ritter et al. [16] haben allerdings gezeigt, dass die Wiimote eingeschweißt werden kann und die Erkennung trotzdem gut genug funktioniert.

5.2.4 Datenhandschuh

Bei diesem Gerät ist die *intuitive Bedienung* in etwa wie bei anderen kamerabasierten Systemen, mit dem zusätzlichen Nachteil, dass der Anwender den Handschuh immer tragen und dieser zusätzlich auf den Anwender kalibriert werden muss.

Eine wirklich *korrekte Interpretation aller Eingaben* kann der Datenhandschuh meist auch nicht bieten, allerdings befindet sich die Präzision etwa bei der gleichen Genauigkeit wie die Wiimote, da auch hier ein zusätzliches Gerät zur Kamera vorhanden ist.

Eine *schnelle Integration und Entfernung* ist bedingt gegeben, da zwar die Positionierung der Kamera einfach zu bewerkstelligen ist, allerdings der Handschuh selbst kalibriert werden muss, was Zeit benötigt.

Die *Sterilität* ist sehr schwer umsetzbar, da der Datenhandschuh selbst nicht steril ist und nicht eingeschweißt werden kann, wie

die Wiimote. Eine sterile Haube kann auch nicht über den Datenhandschuh gezogen werden, da sonst die Erkennung nichtmehr funktionieren würde. Entsprechend kann der Datenhandschuh nicht für intraoperative Eingriffe verwendet werden, außer er wird aus Materialien gefertigt, die sterilisiert werden können.

5.2.5 Phantom Omni

Eine *intuitive Bedienung* ist gewährleistet, da der Anwender haptisch das Gerät in der Hand halten kann und die Ebene intuitiv verändern kann.

Eine *korrekte Interpretation aller Eingaben* kann erreicht werden, da durch die Mechanik die Position sehr genau berechnet und übertragen werden kann.

Eine *schnelle Integration und Entfernung* kann erfolgen, da nur ein Gerät angeschlossen und für den Arzt zugänglich platziert werden muss und keine zusätzlichen Einstellungen notwendig sind.

Die *Sterilität* ist nicht vom Gerät selbst gewährleistet, sodass eine Haube oder sterile Abdeckung notwendig ist. Diese muss entweder über das komplette Gerät gestülpt werden, was allerdings die Bewegungsfreiheit beeinflussen kann, oder nur über das Teilstück, welches der Arzt in der Hand hält.

5.2.6 SpaceMouse

Alle Anforderungen werden wie beim haptischen Gerät Phantom Omni erfüllt, da auch die SpaceMouse ein haptisches Gerät ist und die gleichen Gegebenheiten aufweist. Ein Unterschied ist allerdings, dass der Anwender die Maus einfach loslassen kann, wenn er seine Interaktion beendet hat. Beim Phantom Omni hingegen muss er den Stift ablegen oder in einer anderen Weise seine Aktion beenden. Der haptische Bewegungsraum hingegen ist bei der 3D-Maus deutlich kleiner.

5.2.7 Fußschalter

Bei diesem Gerät hängt die *intuitive Bedienung* stark von den Schaltflächen ab und müsste mit den Anwendern evaluiert werden. Allerdings ist klar, dass mindestens sechs Schaltflächen verfügbar sein müssen für die Veränderung der Translation in alle Raumrichtungen und gegebenenfalls weitere Schalter für die Rotation, falls dies zusätzlich gefordert ist. Je nach Aufbau des Geräts kann die Bedienung also mehr oder weniger intuitiv sein.

Eine *korrekte Interpretation aller Eingaben* wird möglich sein, da die Geräte medizinischen Standards gerecht werden und die Schalter so positioniert sein sollten, dass keine fehlerhafte Eingabe möglich ist und entsprechend kann das System auch alle Eingaben korrekt interpretieren.

Eine *schnelle Integration und Entfernung* ist gewährleistet, da das Gerät über Funk kommuniziert und entsprechend zu jeder Zeit einfach weggelegt werden kann. Zudem muss das Gerät nicht eingerichtet werden, sondern kann einfach eingesteckt und verwendet werden.

Die *Sterilität* ist sehr gut gewährleistet, da das Gerät bereits für medizinische Anwendungen konzipiert wurde und entsprechend die Hygiene-Vorschriften einhält.

5.2.8 Auswertung

In der nachfolgenden Tabelle 2 werden die einzelnen 3D-Controller mit dem jeweiligen Erfüllungsgrad der Anforderungen zur besseren Übersicht dargestellt. Daraus lässt sich schließen, dass die kamerabasierten Systeme mit Microsoft Kinect und Leap Motion die besten Ergebnisse im Bereich Sterilität liefern, wohin gegen die beiden haptischen Geräte Phantom Omni und SpaceMouse die intuitive Bedienung und die korrekte Interpretation aller Eingaben bereitstellen. Zudem wäre der Fußschalter mit einer entsprechenden Ausstattung geeignet, sodass er auch die Anforderung der intuitiven Bedienung erfüllen kann. Entsprechend lässt sich folgern, dass die beiden

haptischen Geräte und der Fußschalter für den Anwendungsfall in der interventionellen Radiologie zur Steuerung der Echtzeit-MRT geeignet sind. Die kamerabasierten Systeme Microsoft Kinect, Leap Motion und Wiimote könnten trotz allem für andere Bereiche in der Medizin geeignet sein, wenn geringere Anforderungen an die Interpretation der Eingaben gefordert wird und der Anwender mehr Konzentration auf die Ausführung von Gesten aufwenden kann. Der Datenhandschuh wird in nächster Zukunft für medizinische Anwendungen nicht verwendet werden können, aufgrund der zeitaufwändigen Integration und schlechten Sterilisierbarkeit.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Innerhalb dieser Arbeit wurde im Zusammenhang der interventionellen Radiologie zunächst auf bildgebende Verfahren eingegangen. Daraufgehend wurde die interventionelle Bildgebung dargestellt und Studien in diesem Bereich vorgestellt. Im nächsten Schritt wurden gängige 3D-Controller beschrieben. Des Weiteren wurden Anforderungen herausgearbeitet, die es bei der Auswahl eines 3D-Controllers zu beachten gilt. Diese wurden mit den Gegebenheiten der Geräte verglichen und abschließend

ausgewertet. Dabei ergab sich, dass die beiden haptischen Geräte Phantom Omni und SpaceMouse und zudem der Fußschalter am besten geeignet sind für die Steuerung von Echtzeit-MRTs. Die konkrete Entscheidung für ein Gerät muss allerdings in einer Nutzeranalyse zusammen mit Interventionalisten für die jeweilige Radiologie einer Klinik erfolgen. Des Weiteren müssen die 3D-Controller für die medizinische Nutzung zugelassen werden, da die Geräte ursprünglich für den Spielbereich entwickelt wurden.

In zukünftigen Entwicklungen könnten die 3D-Controller aber definitiv einen großen Mehrwert erzielen, da diese relativ einfach in ein bestehendes System integriert werden können. Insbesondere im Vergleich zu kompletten Systemen von MRT-Herstellern, die integrierte Steuergeräte liefern, wäre die Alternative mit 3D-Controllern deutlich kostengünstiger und mit weniger Aufwand verbunden.

Tabelle 1: Übersicht Vergleich 3D-Controller,

Legende: +++: sehr gut, ++: gut, +: eher gut, -: eher schlecht, --: schlecht, ---: sehr schlecht

	Intuitive Bedienung	Korrekte Interpretation aller Eingaben	Schnelle Integration und Entfernung	Sterilität
Kinect	--	--	++	+++
Leap Motion	--	--	++	+++
Wiimote	-	+	++	+
Datenhandschuh	--	+	---	---
Phantom Omni	+++	+++	+++	+
SpaceMouse	+++	+++	+++	+
Fußschalter	+	+++	+++	+++

7 Literaturverzeichnis

- [1] T. M. Lehmann: Handbuch der Medizinischen Informatik, Carl Hanser Verlag München Wien, 2005. ISBN: 3-446-22701-6
- [2] R. Kramme: Medizintechnik, Springer-Verlag, 2017. ISBN: 978-3-662-48770-9
- [3] H. Handels: Medizinische Bildverarbeitung – Bildanalyse, Mustererkennung und Visualisierung für die computergestützte ärztliche Diagnostik und Therapie. Vieweg + Teubner, Wiesbaden, 2009. ISBN: 978-3-8351-0077-0
- [4] M. Bock, K. Wacker: MR-guided Intravascular Interventions: Techniques and Applications, Journal of Magnetic Resonance Imaging, 2008. DOI: 10.1002/jmri.21271
- [5] O. Dössel: Bildgebende Verfahren in der Medizin – Von der Technik zur medizinischen Anwendung. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2016. ISBN: 978-3-642-54406-4
- [6] R. Kramme: Medizintechnik. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2011. ISBN: 978-3-642-16186-5
- [7] T.J. Vogl, B. Panahi, S. Fischer, N. Naguib, N.-E.A. Nour-Eldin, T. Gruber, J. Trojan, W. Bechstein, S. Zangos, K. Eichler: Interventionelle Therapie von Lungen- und Lebermetastasen. Der Onkologe. 2014, DOI: 10.1007/s00761-014-2669-3
- [8] Pereira PL, Trubenbach J, Schmidt D: Radiofrequenzablation: Grundlagen, Techniken und Herausforderungen. Fortschr Röntgenstr 175: 20-27, 2003, DOI: 10.1055/s-2003-36612
- [9] S. Morikawa, T. Inubushi, Y. Kurumi, et al.: Advanced computer assistance for magnetic resonance-guided microwave thermocoagulation of liver tumors, 2003. DOI: 10.1016/S1076-6332(03)00508-7
- [10] A. Nabavi, D.T. Gering, D.F. Kacher, et al.: Surgical navigation in the open MRI, 2003. DOI: 10.1007/978-3-7091-6043-5_17
- [11] J.G. Pinkernelle, F. Streitparth, J. Rump, U. Teichgräber: Adaptation of a Wireless PC Mouse for Modification of GUI during Intervention in an Open Highfield MRI at 1.0T, 2010. DOI: 10.1055/s-0028-1109895
- [12] B. Preim, R. Dachsel: Interaktive Systeme Band 2. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2015. ISBN: 978-3-642-45246-8
- [13] R. Dörner, W. Broll, P. Grimm, B. Jung: Virtual und Augmented Reality. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2013. ISBN: 978-3-642-28902-6
- [14] M. Brill: Virtuelle Realität. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2009. ISBN: 978-3-540-85117-2
- [15] Steute Schaltgeräte GmbH & Co. KG: Im Trend: Spezifische User Interfaces, in MEDengineering Ausgabe 7-8/2015, S.28-30, letzter Aufruf: 27.03.2017: http://archiv.med-eng.de/fileadmin/user_upload/archiv_2015/MED_7-8_2015_APP.compressed.pdf
- [16] F. Ritter, C. Hansen, K. Wilkens, A. Köhn, H.-O. Peitgen: Benutzungsschnittstellen für den direkten Zugriff auf 3D-Planungsdaten im OP, 2009. DOI: 10.1524/icom.2009.0005